

**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOBRADNJE
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

ZAVRŠNI RAD

Danijel Gršić

Zagreb, 2013

**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOBRADNJE
SVEUČILIŠTA U ZAGREBU**

ZAVRŠNI RAD

Mentorica:

Doc. dr. sc. Suzana Jakovljević

Kandidat:

Danijel Gršić 0035169357

Zagreb, srpanj 2013.

I Z J A V A

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno uz konzultacije i korištenje navedene literature, te stečenog znanja tijekom studija.

Danijel Gršić

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc. dr. sc. Suzani Jakovljević na stručnoj pomoći i savjetima prilikom izrade završnog rada. Osobito se zahvaljujem profesorima i asistentima sa smjera inženjerstva materijala koji ne samo da su me zvali kolegom već su se i ponašali prema meni kao kolege.

Velika zahvala ide mojoj obitelji koja je me podržavala u što god da sam radio i bili su mi uvijek oslonac. Zahvaljujem se svojim kolegama koji su učili samnom i vikendima i praznicima bez obzira dali su još studirali na strojarstvu u Zagrebu ili ne.

Posebna zahvala ide mome kolegi i prijatelju Hren Ivanu koji nikad nije digao ruke od mene i koji je sjedio uz mene dok sam ja učio i ako je imao svojih obaveza. Prijatelju: „Bez tvoje motivacije nebi se ovaj cilj ostvario, ali ipak, nisi morao toliko psovati“.

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 10 |
| 2. MJERNA OPREMA ZA ISPITIVANJE KOČNIH SILA VOZILA | 11 |
| 2.1. Valjci za ispitivanje kočne sile vozila..... | 11 |
| 3. SLIJED ISPITIVANJA KOČNE SILE NA VALJCIMA TIJEKOM TEHNIČKOG..... | 18 |
| PREGLEDA VOZILA | 18 |
| 3.1. Nailazak kotača na valjak..... | 18 |
| 3.2. Pokretanje valjaka..... | 19 |
| 3.3. Postupak kočenja | 20 |
| 3.4. Ispitivanje ručne kočnice..... | 21 |
| 4. PRIMJENJIVANI MATERIJALI ZA KONSTRUKCIJU VALJAKA ZA | 23 |
| ISPITIVANJE KOČNIH SILA VOZILA..... | 23 |
| 4.1. Čelik za strojogradnju | 25 |
| 4.2. Silicijev karbid..... | 26 |
| 4.3. Metil metakrilat (MMA) | 29 |
| 5. KOTRLJAJUĆE TROŠENJE | 31 |
| 6. ISPITIVANJE TVRDOĆE PO SHORE-u..... | 34 |
| 6.1 Vrste ispitivanja tvrdoće po Shoreu..... | 34 |
| 7. EKSPERIMENTALNI DIO..... | 36 |
| 7.1. Uvod..... | 36 |
| 7.2. Elektronska mikroskopija..... | 38 |
| 7.3. Određivanje materijala površinskog sloja valjaka za mjerenje kočne sile..... | 39 |
| 7.4. Mjerenje tvrdoće pneumatika „Continental Premium Contact 5“ i..... | 41 |
| usporedba tvrdoće s legurom SiC i MMA | 41 |
| 7.5. Problem otpadanja legure SiC i MMA sa valjka za ispitivanje kočne sile vozila..... | 43 |
| 8. ZAKLJUČAK | 46 |

POPIS SLIKA

Slika 1. Načelna shema tlocrta valjaka za ispitivanje kočnica

Slika 2. Načelna shema bokocrta i prostornog izgleda valjaka za ispitivanje kočnica

Slika 3. Fotografije specijaliziranih valjaka za ispitivanje kočnica raznih kategorija vozila

Slika 4. Zapis primjera ispitivanja s izmjerenim silama kočenja na valjcima

Slika 5. Nailzak vozila na valjke za ispitavanje kočne sile

Slika 6. Umirivanje vozila laganim pokretom upravljača

Slika 7. Nailazak druge osovine vozila na valjke za ispitivanje kočne sile

Slika 8. Vrste materijala korištenih pri konstrukciji valjaka za ispitivanje kočne sile vozila

Slika 9. Snimka pripremljenog uzorka na elektronskom mikroskopu

Slika 10. Spektar kemijskih elemenata

Slika 11. Valjak za ispitivanje sile kočenja vozila izrađen od čelika 1.0050 / St 50-2 / E 295

Slika 12. Molekula metil metakrilata

Slika 13. Shema procesa kliznog trošenja

Slika 14. Procesi trošenja kotrljajućih elemenata

Slika 15. Uzorak 1

Slika 16. Snimak na svjetlosnom elektronskom mikroskopu

Slika 17. Shematski prikaz rada svjetlosnog, TEM i SEM mikroskopa

Slika 18. Snimak uzorka 1 na elektronskom mikroskopu

Slika 19. Spektar kemijskih elemenata

Slika 20. Tragovi pneumatika na površinskom sloju valjka za ispitivanje kočne sile vozila

Slika 21. Valjak za ispitivanje kočne sile s kojeg je otpada legura SiC i MMA

Slika 22. Poroznost legure SiC i MMA

Slika 23. Poroznost legure SiC i MMA

Slika 24. Korozija na uzorku 1

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kotrljajuće ispitivanje “četiri kuglice“

Tablica 2. Ispitivanje metodom “dvostrukog diska”

Tablica 3. Usporedba vrsta mjerenja po Shore-u

Tablica 4. Udio kemijskih elemenata u leguri SiCi MMA

Tablica 5. Rezultati mjerenja tvrdoće pneumatika „Continental Premium Contact 5“

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA

F_k – kočna sila [N]

F_R – reaktivna sila [N],

M_R – reaktivni kočni moment [Nm]

F_{kpl} – sila kočenja na prednjem lijevom kotaču [N]

F_{kpd} – sila kočenja na prednjem desnom kotaču [N]

F_{ksl} – sila kočenja na stražnjem lijevom kotaču [N]

F_{ksd} – sila kočenja na stražnjem desnom kotaču [N]

v – brzina [km/h]

E – modul elastičnosti [N/mm²]

F - sila [N]

ω - kutna brzina [rad/s]

z - koeficijent kočenje

1. UVOD

Mjerenja su osnova svih spoznaja i primjene znanosti u tehničkim i društvenim djelatnostima u tehnici i tehničkim znanostima. U traženju rješenja većine tehničkih problema koristi se s određenim fizikalnim veličinama. Realne vrijednosti tih parametara pokušava se dobiti mjerenjima. Jedan takav problem se javio krajem 18. stoljeća u doba industrijske revolucije i parnog stroja. Zbog sve većeg napretka konstruirali su se sve veći parni strojevi kako bi se zadovoljila potreba za sve većom snagom. Većina tadašnjih inženjera je rješavalo taj problem tako da su u strojeve ugrađivali veće parne kotlove što je dovelo do povećanja nesreća i smrtnih slučajeva prilikom eksplozije tih kotlova. Oko 1871. godine u državama u kojima je industrijska revolucija posebno uzimala zamah (Engleska, Njemačka, Francuska, itd.) su se uvodili obavezni pregledi parnih kotlova i to višeputa godišnji ovisno o radnom kapacitetu parnog stroja.

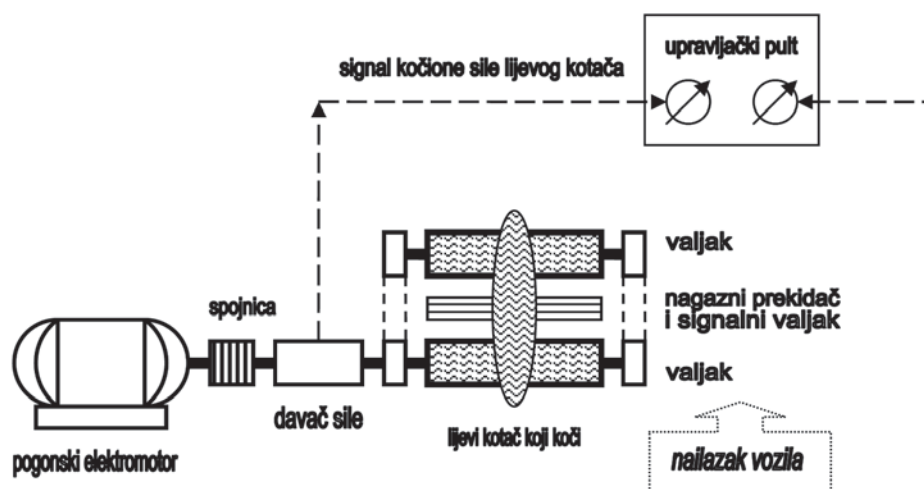
U Njemačkoj su se čak osnivala manja društva koja su se bavila tehničkim pregledima parnih kotlova, „Dampfkessel-Überwachungs-und Revisions-Vereine“ (prijevod: društvo za nadzor i reviziju parnih kotlova), iz kojih se razvio današnji „TÜV“. Broj eksplozija se drastično smanjio pa su se ti pregledi odnosno mjerenja zbog povećanja sigurnosti npr. u prometu počela primjenjivati i na vozila. Početkom 50.-tih godina 20. stoljeća u bivšoj Jugoslaviji prometna policija obavljala je manje tehničke preglede vozila prilikom kontrole za sigurnosti prometa. Od 1972. godine, Centar za vozila Hrvatske (CVH) kao stručna organizacija bavi se tehničkim pregledima vozila u Republici Hrvatskoj. Sve stanice za tehnički pregled u Republici Hrvatskoj sastavni su dio jedinstvenog sustava tehničkih pregleda koji objedinjuje CVH.

2. MJERNA OPREMA ZA ISPITIVANJE KOČNIH SILA VOZILA

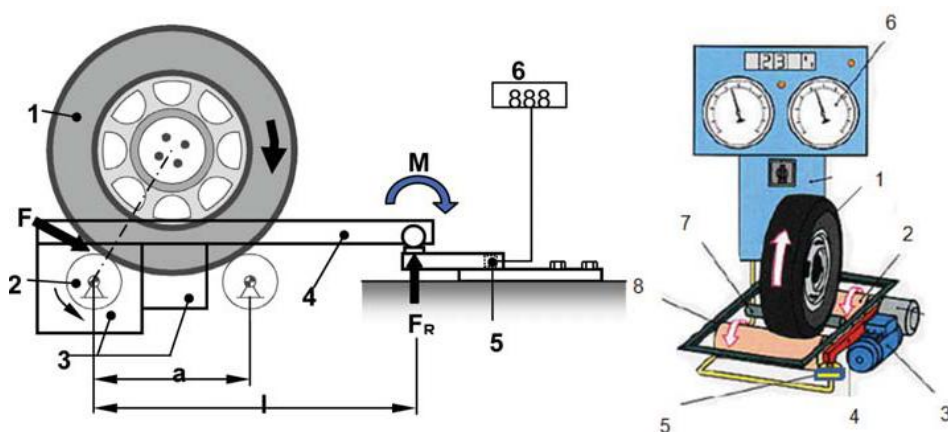
Na periodičnom i redovitom tehničkom pregledu motornog vozila, ispitivanje se svodi na mjerenje kočne sile svakog pojedinog kotača. Osnovna je svrha takvog ispitivanja provjeriti ispravnost izvršnih elemenata uređaja za kočenje (kao zakonske obveze), s osnovnim ciljem da se utvrdi aktivna sigurnost svakog motornog vozila koje sudjeluje u prometu na javnim cestama. U tu se svrhu već dugi niz godina koristi razna oprema, za mjerenje kočnih sila i za mjerenje usporenja pri kočenju. [1]

2.1. Valjci za ispitivanje kočne sile vozila

Valjcima za mjerenje kočne sile kotača vozila opremljena je, ne samo svaka stanica za tehničke preglede nego danas već i svaka veća tvrtka za obavljanje prijevoznike djelatnosti, koje u svom voznom parku ima veći broj transportnih jedinica – motornih vozila. Ispitivanjem kočnica na valjcima mjeri se kočna sila na svakom kočenom kotaču. Tako se može odrediti ukupna kočna sila, kao zbroj parcijalnih kočnih sila svakog kotača. Poznatim iznosom tako dobivene ukupne kočne sile može se odrediti usporenje koje je njome moguće realizirati. Naravno, pritom se mora voditi račune da to vrijedi samo za kočenje po podlozi koja je istih tavnih svojstava kao i materijal od kojeg su načinjeni valjci za ispitivanje kočnica. Uređaj za kontrolu kočnica na valjcima sastoji se od dva para valjaka. Svaki par valjaka ima svoj pogon i mjerni lanac. Postavljeni su tako da istodobno mjere sile kočenja obaju kotača na jednoj osovini. Na slikama 1. i 2. prikazana je načelna shema valjaka za mjerenje sile kočenja s upravljačkim pultom. Na njima je prikazano sljedeće:



Slika 1. Načelna shema tlocrta valjaka za ispitivanje kočnica [1]



Slika 2. Načelna shema bokocrta i prostornog izgleda valjaka za ispitivanje kočnica [1]

1 – kotač, 2 – pogonski valjak, 3 – elektromotor s reduktorom,

4 – poluga reaktivnog momenta, 5 – senzor, 6 – indikator,

7 – signalni valjak (nagazni prekidač, uključ./isključ.), 8 – okvir

F_k – kočna sila [N], F_R – reaktivna sila [N], M_R – reaktivni kočni moment [Nm].

Valjci za ispitivanje kočnica proizvode se specijalizirano za mjerenje kočne sile određene kategorije vozila, ali i kao univerzalni uređaji za mjerenje kočne sile više kategorija vozila. Kontrola kočnica motornog vozila na valjcima prilagođena je potrebama službenog tehničkog pregleda. Valjci za ispitivanje kočnica u stanicama tehničkog pregleda moraju imati tipno odobrenje i moraju biti umjereni sukladno Zakonu o mjeriteljstvu.

Valjci su najčešće (zbog tehnološkog postupka tehničkog pregleda) smješteni na kanalu za pregled donjeg postroja vozila. Konstrukcijski su izvedeni tako da pružaju mogućnost ispitivanja;

- Kočne sile na svakom kotaču,
- Nejednolikosti sile kočenja na svakom kotaču i
- Otpora kotrljanja kotača.

Prilikom kontrole kočnica nadzornik navozi vozilo na uređaj za ispitivanje kočnica vozila, mjeri kočnu silu radne kočnice na svakoj osovini, a nakon toga i kočnu silu pomoćne (ručne) kočnice. Pri tome utvrđuje koeficijente kočenja ovisno o vrsti vozila i razliku sila kočenja između lijevog i desnog kotača. Neznatna razlika sila kočenja između lijevog i desnog kotača prednje i stražnje osovine osigurava pravocрно kretanje vozila pri kočenju. Stoga je utvrđivanje razlike između sile kočenja lijevog i desnog kotača jednako važno kao izračunavanje koeficijenata kočenja. Svako odstupanje od propisanih vrijednosti znači da vozilo nije ispravno za promet na javnim cestama.

Kada vozilo kotačima nagazi na valjke, aktivira se signalni valjak koji automatski uključuje uređaj za ispitivanje i zaštitu od blokiranja. Elektromotor pokreće valjke koji okreću kotače automobila, prednje ili stražnje osovine, konstantnom obodnom brzinom od približno $v = 2.5 \text{ km/h}$. Pri ispitivanju, na samom početku, tako dugo dok se ne pritisne papučica za kočenje, indikator pokazuje samo otpor kotrljanja kotača. Pritiskom na papučicu kočnice počinje kočenje kotača uz njegovo kotrljanje. Koči se do granice klizanja kotača, kada nastupa parcijalno proklizavanje između kotača i valjaka prije blokiranja. Računalo valjaka neprekidno uspoređuje brzinu vrtnje pogonskih valjaka i brzinu vrtnje signalnog valjka koji se

okreće istom obodnom brzinom kao kotači. Kada dođe do velike (unaprijed određene) razlike između tih dviju brzina, računalo zaustavlja valjke. Na indikatoru se prikazuje maksimalna kočna sila u trenutku isključenja. Kočna sila F_k zapravo se mjeri kontrolom reaktivnog momenta M_R , jer se uz pomoć poluge premješta moment kočenja na senzor savijanja grede (tenzometar). Generirani signali senzora vode se do indikatora na kojem se može očitati kočna sila na obodu kotača. Kočenjem vozila na valjcima mjeri se otpor pogonskog valjka, odnosno kočne sile na svakom kotaču, što daje ukupnu silu kočenja [1]:

$$\sum F_k = F_k = F_{kpl} + F_{kpd} + F_{ksl} + F_{ksd};$$

F_{kpl} – sila kočenja na prednjem lijevom kotaču,

F_{kpd} – sila kočenja na prednjem desnom kotaču,

F_{ksl} – sila kočenja na stražnjem lijevom kotaču,

F_{ksd} – sila kočenja na stražnjem desnom kotaču.

Nakon toga može se izračunati:

- Koeficijent kočenje z ,
- Razlika u silama kočenja kotača svake pojedine osovine ΔF , te
- Očekivano usporenje vozila



Slika 3. Fotografije specijaliziranih valjaka za ispitivanje kočnica raznih kategorija vozila [1]

Koeficijent kočenja ne predstavlja realnu kočnu sposobnost ispitivanog vozila. U realnim uvjetima kočenja na cesti mogu vozila postići i veća usporenja odnosno sile kočenja. Najveća sila kočenja koja se može postići na valjcima direktno je ovisna o koeficijentu priranja između valjka i pneumatika. Ako bi se jedno vozilo testiralo na dva različita valjka, dobile bi se različite sile kočenja, a time i koeficijenti kočenja. Isto tako, valjci ne daju mogućnost ispitivanja utjecaja preraspodjele vertikalnih dinamičkih reakcija podloge, koje su realno egzistirajuće u stvarnim uvjetima pri kočenju na cesti. Dakle, na periodičnom tehničkom pregledu vozila ne promatra se stvarni (eksploatacijski) odnos sila kočenja među osovima, nego se na temelju izračunanoga koeficijenta kočenja odlučuje o zadovoljavanju propisom utvrđenih iznosa. Pritom se uzimaju najveće postignute sile kočenja, bez obzira na to kojom se silom djeluje na papučicu kočnice do najveće propisane sile na papučicu 500 N. Također i sve izračunane vrijednosti koeficijenata kočenja i razlike sila kočenja između lijevog i desnog kotača moraju biti unutar propisanih granica. U suprotnom, vozilo je tehnički neispravno.

Na klasičnim valjcima za ispitivanje kočnica jedne osovine nije moguće potpuno ispitivanje kočnica na vozilima s pogonom na više osovina. Kod nekih vozila izvedivo je mehaničko

isključivanje prednjeg ili stražnjeg pogona, pa je moguće i pojedinačno ispitivanje kočnica prednje i stražnje osovine. Međutim, kod nekih vozila sa stalnim pogonom na više osovina nije moguće ostvariti razliku brzine vrtnje između njihovih detalja pogona (kotača, vratila pogonskih kotača,...).

Kočnice vozila sa stalnim pogonom na sve osovine mogu se ispitati isključivo na posebnim valjcima. Takvi valjci izvedeni su tako da sprječavaju prijenos sila s ispitivane osovine na osovinu koja miruje. Zbog skupe konstrukcije valjaka (i zakonske neobaveze), takva se vozila ispituju na poligonu ili osiguranoj cesti uz pomoć uređaja za mjerenje usporenja. Radna se kočnica tada ispituje pri brzinama jednakim ili većim od 40 km/h, a pomoćna kočnica pri brzinama do 40 km/h. Pritom se isključuje spojnica, odlučno pritišće papučica kočnice i mjeri usporenje vozila do najveće sile kočenja (ako je moguće bez blokiranja kotača). Dobiveno usporenje mora biti jednako vrijednosti propisanog koeficijenta kočenja pomnoženog s 10 – ili veće.

Na prikazanom ispisu ispitivanja s izmjerenim silama kočenja na valjcima – “Provjere vozila”, slika 4., u prvom dijelu pisanog dokumenta navedeni su podaci koji se odnose na samo ispitivanje, zatim podaci ustanove koja je obavila ispitivanje i zatim osnovni podaci o ispitivanom vozilu. U nastavku se daju rezultati ispitivanja u obliku tablica i dva dijagrama vremenskog tijeka promjene izmjerenih vrijednosti kočnih sila svake osovine (za oba kotača). Na temelju prikaza rezultata ispitivanja vozila na valjcima, može se zaključiti da su kočnice vozila bile ispravne, kako radna – nožna, tako i pomoćna – ručna kočnica. Za mjerenje ostalih kočnih parametara, odnosno parametara zaustavljanja vozila kompletnog kočnog sustava – koji se sastoji od vozača, automobila i okoliša u kojem se ispitivani automobil koristi – moraju se obaviti ispitivanja u realnim uvjetima. Ispitivanja u realnim, tj. cestovnim (poligonskim) uvjetima, uvijek su znatno kompleksnija. [1]

CARTEC Provjera vozila

Datum 2009.08.06 Vrijeme 15:21:11
Datum, vrijeme mjerenja: 2009.08.06, 15:21:11

Copyright by Cartec

Tvrtka: STP H-033 "INSTITUT"
Ulica: tel. + 385 1 6379201
Grad: Sisacka 39c
Tel. 10410 Velika Gorica

Marka vozila: ŠKODA
Tip i model vozila: OCTAVIA
Registracija vozila: ZG4101DM
VIN oznaka: 1MBBS21Z762148963

Ispitivanje kočnica:

| | | Prednja osovina | | | Zadnja osovina | | | Ručna kočnica | | |
|------------------|---|-----------------|---------|--------|----------------|---------|--------|---------------|---------|--------|
| | | lijevo | razlika | desno | lijevo | razlika | desno | lijevo | razlika | desno |
| Otpor kotrljanja | N | 821,2 | | 860,9 | 463,6 | | 437,1 | 503,3 | | 357,6 |
| Kočna sila | N | 2966,9 | | 3099,3 | 1960,3 | | 1933,8 | 1854,3 | | 1735,1 |
| Stop razlika | % | | 4 | | | 1 | | | 6 | |
| Max. razlika | % | | | | | | | | 29 | |
| Ovalnost | % | | | | | | | | | |
| Pritisak pedale | N | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | | | |

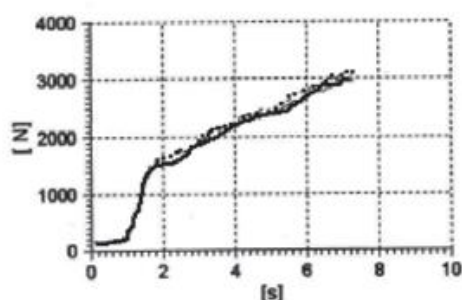
Informacije o kočnim sistemima:

Glavna kočnica $\geq 50\%$ 70 %
Stop razlika $\leq 25\%$
Pritisak pedale ≤ 500 N ok
Glavna kočnica ok
Razlika ok

Usporenje u % Ručna kočnica $\geq 20\%$ 25 %
Stop razlika $\leq 30\%$
Ručna kočnica ok
Razlika ok

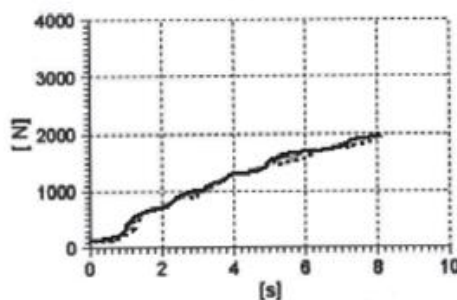
Prednja osovina

lijeva strana: puna linija
desna strana: isprekidana linija



Zadnja osovina

lijeva strana: puna linija
desna strana: isprekidana linija



Slika 4. Zapis primjera ispitivanja s izmjerenim silama kočenja na valjcima [1]

3. SLIJED ISPITIVANJA KOČNE SILE NA VALJCIMA TIJEKOM TEHNIČKOG

PREGLEDA VOZILA

Opisan je postupak ispitivanja kočne sile na tehničkom pregledu vozila tj. u ovom slučaju automobila.

3.1. Nailazak kotača na valjak

Prilikom nailaska na valjke (slika 5.), isti ne smiju rotirati. Prvom osovinom se lagano "ulazi" na valjke na način da se prvim kotačima pomoću kočnice zaustavi na vrhu valjaka i otpuštajući je sve dok se vozilo samo ne spusti na valjke. Nakon ulaska na valjke odmah se stavi ručicu mjenjača u prazni hod i pusti papučicu spojke (N kod automatskih mjenjača), otpusti se papučicu kočnice i pričekava se da se valjci sami pokrenu (ili ih ručno pokrenite s daljinskim upravljačem). Motor mora raditi na praznom hodu. [2]



Slika 5. Nailzak vozila na valjke za ispitavanje kočne sile [2]

3.2. Pokretanje valjaka

Nakon pokretanja valjaka, svakom će kontroloru vozilo lagano „zaplesati“ lijevo – desno. „Plesanje“ treba korigirati laganim pokretima upravljača (slika 6.) dok se vozilo ne umiri u pravocrtном kretanju. Kočnica se pri tome ne smije dirati. Ručna kočnica se ne aktivira. Ako se vozilo ne može umiriti i cijelo vrijeme vuče u jednu stranu valjaka onda je vjerojatno poremećena geometrija prednjeg ovjesa ili cijelog vozila. Mjerenje će biti ispravno tek kada se vozilo umiri na valjcima. Ipak, ako se vozilo ne umiri, mjerenje također treba obaviti ali svakako treba potražiti neku drugu grešku na vozilu (na ovjesu, na karoseriji, na kotačima itd.). [2]



Slika 6. Umirivanje vozila laganim pokretom upravljača [2]

3.3. Postupak kočenja

Koči se polagano, polako pojačavajući pritisak na papučicu kočnice i pridržavajući upravljač u neutralnom položaju (pravocrtnom kretanju vozila). Proces kočenja treba trajati približno 10-tak sekundi od trenutka aktiviranja do najveće sile kočenja. Ako se dogodi da kotači prebrzo zablokiraju, mjerenje treba ponoviti i pri tome još jednom kontrolirati porast sile kočenja u cijelom mjernom opsegu. Ako se događa skokovit porast sile kočenja na bilo kojem kotaču, ako u bilo kojem području mjerenja postoji prevelika razlika sila kočenja lijevo - desno, kočnice treba proglasiti neispravnim.

Također, negdje na polovici očekivane najveće sile kočenja, pritisak na papučicu kočnice treba zadržati konstantnim kako bi se uočila eventualna oscilacija sile kočenja (ne jednolikost sile kočenja).

Najveće sile kočenja treba zabilježiti. Prilikom kočenja kotača prve osovine ponekad će se dogoditi (rijetko) da cijelo vozilo bude izbačeno iz valjaka. Ovo se događa jer se pri relativno malim silama pritiska na papučicu kočnice pri kojima se aktiviraju kočnice prve osovine, još uvijek nisu aktivirale kočnice druge osovine pa se vozilo kotačima druge osovine ne drži čvrsto za podlogu. Ovo nije greška, već je riječ o specifičnoj konstrukciji vozila (najčešće kod vozila kod kojih je veliki dio mase oslonjen na prvu osovinu).

Spajati dinamometar na papučicu kočnice nije obvezno. Ali ako kontrolor sumnja da se najveće sile kočenja ostvaruju pri relativno visokim silama na papučicu kočnice, može spojiti dinamometar i mjeriti pri kojoj sili se ostvaruju najveće sile kočenja. Uobičajno se može očekivati da hidraulična kočna instalacija proizvede sile blokade na prvoj osovini pri pritisku na papučicu kočnice do približno 100 N (10 daN) na prvoj osovini. Ovo je vrlo mala sila i kontrolor je i bez dinamometra može „osjetiti“. [2]

3.4. Ispitivanje ručne kočnice

Potrebno uvesti drugu osovinu na valjke na isti način na koji je uvezena prva osovinu (slika 7.). Valjci ne smiju rotirati. Nakon ulaska osovinom na valjke, upravljač treba zadržati u položaju pravocrtnog kretanja, mjenjač treba staviti u neutralan položaj i otpustiti papučicu spojke (N kod automatskih mjenjača). Motor mora raditi na praznom hodu.



Slika 7. Nailazak druge osovine vozila na valjke za ispitivanje kočne sile [2]

Nakon ulaska na valjke ne treba čekati da se vozilo umiri na valjcima jer druga osovinu nije upravljačka osovinu. Ako smo pravocrtno izašli iz valjaka prvom osovinom i isto tako pravocrtno ušli drugom osovinom, onda je vozilo već u ispravnom položaju za ispitivanje. Ako postoji potreba za korekcijom položaja vozila na valjcima, isti će se obaviti samostalno odmah nakon pokretanja valjaka bez intervencije vozača.

Povlačenje ručne kočnice također treba trajati nekoliko sekundi. Najbolje je da povlačenje traje "zub po zub" na polugi ručne kočnice. Uobičajeno, naglo povlačenje ručice kočnice do kraja nije ispravno.

Pri tome treba promatrati da li u bilo kojem dijelu mjernog opsega postoji prevelika razlika kočenja lijevo - desno ili skokovit porast sile. Također, ako ručna kočnica djeluje pomoću istih izvršnih elemenata kao i radna kočnica, onda se pomoću nje može izvršiti puno bolji uvid da li na kočenim kotačima postoji nejednolikost sile kočenja ("ovalnost"). Bilo kakav nedostatak razlog je da se pomoćna kočnica proglasi neispravnom. Najveće sile kočenja tj. to su uobičajeno i sile blokade treba zapisati. [2]

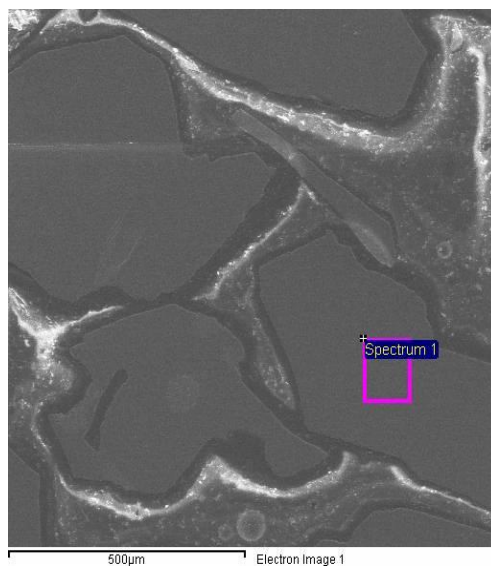
4. PRIMJENJIVANI MATERIJALI ZA KONSTRUKCIJU VALJAKA ZA

ISPITIVANJE KOČNIH SILA VOZILA

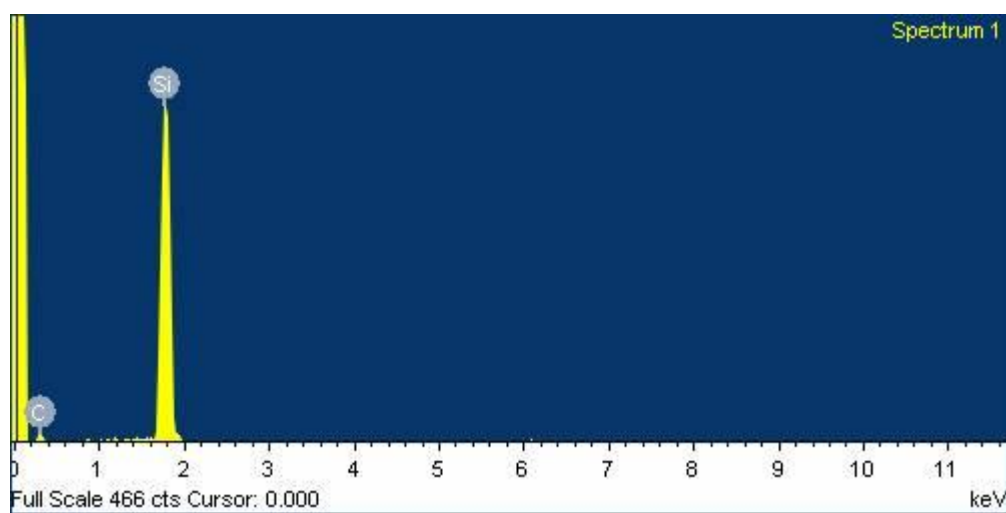
Pri konstrukciji valjaka za ispitivanje kočne sile korištena su dva osnovna materijala (slika 8.). Analizom pripremljenog uzorka na svjetlosnom mikroskopu i na skenirajućem elektronskom mikroskopu (slika 9. i slika 10.) utvrđeno je da je površinski sloj valjaka za ispitivanje kočne sile napravljen iz legura SiC i MMA. Legura ili slitina je smjesa (čvrsta otopina) dvaju ili više metala. Sama slitina ima svojstva metala, ali obično različita od svojih sastojaka. Osim metala slitina može sadržavati i nemetale. Valjci za ispitivanje kočne sile su napravljeni iz čelika za strojogradnju 1.0050 / St 50-2 / E 295. [3]



Slika 8. Vrste materijala korištenih pri konstrukciji valjaka za ispitivanje kočne sile vozila



Slika 9. Snimka pripremljenog uzorka na elektronskom mikroskopu



Slika 10. Spektar kemijskih elemenata

4.1. Čelik za strojogradnju

Valjci za ispitivanje sile kočenja vozila (slika 11.) se izrađuju od čelika za strojogradnju koji spadaju u grupu konstrukcijskih čelika. Velikom većinom se radi o čeliku 1.0050 / St 50-2 / E 295, ovisno o proizvođaču valjaka.

Konstrukcijski čelik je ugljični čelik (obični ili plemeniti) s udjelom ugljika manjem od 0,6% (maseni udio) ili legirani čelik (uglavnom s manganom, silicijem, kromom, niklom, volframom). Koriste se za izradu čeličnih konstrukcija, sastavnih dijelova strojeva, aparata i različitih uređaja. Razlikuju se obični (ugljični ili niskolegirani) čelici za opću masovnu upotrebu i plemeniti (rafinirani) ugljični ili legirani čelici za dijelove s većim zahtjevima (dijelovi strojeva itd.).

Konstrukcijski čelici se koriste kod izrade karakterističnih konstrukcijskih dijelova strojeva i uređaja. Najčešće služe za izradu vratila, osovina, zupčanika, nosača opruga, vijaka, poklopaca, ventila, kućišta itd. S obzirom na mehanička svojstva, konstrukcijski čelici moraju imati visoku granicu razvlačenja, dovoljnu plastičnu deformabilnost (radi izbjegavanja pojave krhkog loma), visoku granicu puzanja i čvrstoću pri povišenim temperaturama, te zadovoljavajuću žilavost i dinamičku izdržljivost. Pored toga, konstrukcijski čelici moraju biti otporni na trošenje i koroziju, te obradivi odvajanjem čestica (rezanje), zavarljivi, skloni hladnom oblikovanju (savijanje, štancanje, duboko vučenje) itd.

Čelici za strojogradnju se primjenjuju za strojne dijelove koji se gibaju u odnosu na druge dijelove stroja ili prenose sile i momente. Najčešće se koriste za izradu osovina u kliznim ležajevima, vretena, slabije opterećenih zupčanika, te raznih klinova, vijaka, ručica, poluga i sl. U pogledu zavarljivosti i žilavosti prema čelicima za strojogradnju nema nikakvih zahtjeva. Ova skupina konstrukcijskih čelika slabije je zavarljiva zbog viših udjela ugljika, ali iskazuje višu čvrstoću ($500-700 \text{ N/mm}^2$) i nižu istezljivost (10-20%) od čelika za nosive konstrukcije. Iako imaju viši sadržaj ugljika nisu namijenjeni za kaljenje. Karakteristični čelici ove skupine prema EN 10027 su: E295 (Č0545) s oko 0,3% C, E335 (Č0645) s oko 0,4% C, te E360 (Č0745) s oko 0,5% C. [3]



Slika 11. Valjak za ispitivanje sile kočenja vozila izrađen od čelika 1.0050 / St 50-2 / E 295 [4]

4.2. Silicijev karbid

Najvažniji predstavnici karbidne keramike su materijali na bazi silicijeva karbida (SiC). SiC keramika primjenjuje se u različitim varijantima, već prema svrsi primjene, ali sve se odlikuju tipičnim svojstvima SiC. [5]

Najvažnija svojstva silicijeva karbida jesu:

- Velika do vrlo velike čvrstoće,
- Korozijska postojanost na izuzetno visokim temperaturama,
- Izvanredna mehanička svojstva pri visokim temperaturama,
- Vrlo dobra otpornost na promjene temperature,
- Mala toplinka rastezljivost,
- Velika otornost na trošenje,
- Vrlo velika tvrdoća,
- Poluvodička svojstva.

Neznačena tipična svojstva SiC dolaze do jačeg ili slabijeg izražaja kod pojedinih varijanti SiC materijala. Ovisno o vrsti proizvodnog postupka, razlikuju se SiC keramike s vlastitim ili stranim vezama, i radi li se o keramici, s otvorenom poroznošću ili gustom keramici.

SiC s otvorenom poroznošću:

- Silicijev karbid povezan silikatima,
- Rekrystalizirani silicijev karbid (RSIC),
- Silicijev karbid povezan nitridom ili oksinitridom.

Gusti SiC:

- Reakcijski povezan silicijev karbid s infiltriranim silicijem (SISIC),
- Sinterirani SiC (SSIC),
- Vruće (izostatički) prešane SiC (HPSIC, HIPSIC).
- Vrsta i udio vrsta vezanja odlučujućim su za karakteristična svojstva SiC keramika (vidi tehničke podatke o karbidima).

Silicijev karbid sinteriran bez tlaka (SSIC) proizvodi se od fino mljevenog skupog SiC praha. Prah se miješa s različitim sinter-aditivima te prerađuje u različite uobičajene varijante keramičkih oblika koji se na koncu sinteriraju pri temperaturama od 2000 do 2200 °C u zaštitnoj atmosferi. SSIC se odlikuje vrlo visokom čvrstoćom koja ostaje gotovo konstantna i trajna i pri vrlo visokim temperaturama (oko 1600°C). [5]

Ovi materijali pokazuju iznimnu korozijsku otpornost na kisele i bazične medije, koja ostaje takva i pri vrlo visokim temperaturama. Ta važna svojstva za visokotemperaturnu keramiku nadopunjuju se još i svojstvima tipičnim za SiC, kao što su: velika otpornost na promjene temperature, visoka toplinska vodljivost, velika otpornost na trošenje i tvrdoća bliska dijamantu. Zbog svega toga SSIC je namjenjen za izuzetno zahtjevne primjene, npr. klizni brtveni prsteni u pumpama za lužine, sapnice plamenika izložene visokim temperaturama, kao i razna pomoćna sredstva za izgaranje pri vrlo visokim temperaturama (vidi tehničke podatke za karbide).

Vruće prešan silicijev karbid (HPSIC) kao i **vruće izostatički prešan silicijev karbid (HIPSIC)** pokazuju u odnosu prema SSIC sinteriranom bez tlaka čak nešto bolje vrijednosti mehaničkih svojstava. Tako izrađeni dijelovi su gotovo bez poroznosti zbog dodatnog djelovanja tlaka do oko 100 MPa tijekom procesa sinteriranja. Aksijalna (HP), odnosno izostatička (HIP) tehnika prešanja ograničuje se na izradu relativno jednostavnih

geometrija dijelova manjih dimenzija i predstavlja dodatni trošak u odnosu na sinteriranje bez tlaka. Upravo zbog toga HPSiC i HIPSIC primjenjuje se u području gdje su zahtjevi izuzetno visoki. Skupljanje materijala tijekom sinteriranja iznosi od 18% do 20%. Zbog toga u izratku mogu nastati zaostala naprezanja koja vode ograničenju njegove veličine.

Reakcijski povezan silicijev karbid s infiltriranim silicijem (SISiC) sastoji se od oko 85% do 94% SiC i od 15% do 16% metalnog silicija.

To se postiže tako da se u izradak od SiC i ugljika infiltrira metalni silicij. Reakcijom između tekućeg, odnosno plinovitog silicija i ugljika nastaje SiC matrica, a ostale pore se ispunjavaju metalnim silicijem. Prednosti ovog proizvedenog postupka u odnosu na procese sinteriranja praha je u tome da za vrijeme procesa siliciranja ne dolazi do skupljanja. Na taj se način mogu proizvoditi izuzetno veliki dijelovi s preciznim dimenzijama. Područje primjene SISiC je, zbog tališta metalnog silicija, ograničeno na 1380°C. Do tog temperaturnog područja SISiC ima vrlo veliku čvrstoću i otpornost na koroziju, povezanu s iznimnom otpornošću na promjene temperature te na trošenje.

SISiC je zbog toga namijenjen za izradu visokopterećenih pomoćnih dijelova u toplinskoj obradi (grede, valjci, itd.) te različite dijelove plamenika za direktno ili indirektno izgaranje (plamena cijev, rekuperatori, cijevi za zračenje). Ovi materijali nalaze primjenu i u strojarstvu za izradu dijelova otpornih na trošenje i koroziju (klizni brtveni prsteni), ili na temelju svojih električnih svojstava za izradu grijaćih elemenata. [5]

Rekristalizirani silicijev karbid (RSiC) je čisti SiC materijal s otvorenom poroznošću od oko 11% do 15%. Ovaj tip keramike peče se pri temperaturama od 2300 do 2500 °C, pri čemu dolazi do pretvorbe smjese sitnijih i krupnijih SiC zrna u kompaktnu SiC matricu bez pojave skupljanja.

Zbog otvorene poroznosti RSiC ima manju čvrstoću od gusste neporozne SiC keramike. RSiC se također odlikuje izvrsnom otpornošću na promjene temperature. Postupak pečenja bez skupljanja dopušta proizvodnju velikih dijelova (kao i kod NISiC i NSiC), koji se uglavnom primjenjuju kao visoko opterećeni pomoćni nosivi elementi u postupku pečenja (grede, valjci, ploče itd.), npr u proizvodnji porculana. Otvorena poroznost znači da ovi materijali nisu trajno opterećeni na oksidaciju, pa se kod prethodno opisanih pomoćnih nosivih elemenata u postupku pečenja ili kod grijaćih elemenata može javiti korozija. Maksimalne temperature primjene leže između 1600 i 1650 °C. [5]

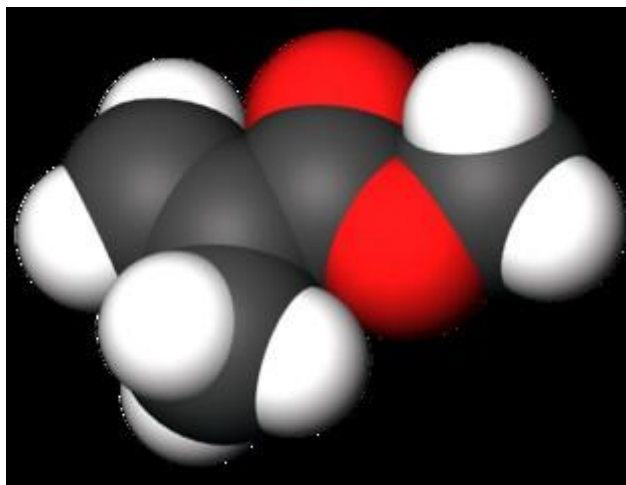
Silicijev karbid povezan dušikom (NSIC) je kao i RSIC materijal s otvorenom poroznošću u rasponu od 12% do 15%. NSIC se također proizvodi bez skupljanja, jer se oblikovani izradci od SiC zrna i silicijeva metalnog praha nitiraju u dušičnoj atmosferi pri temperaturama od 1400 do 1500 °C. Pri tome se početni metalni silicijev prah pretvara u Si_3N_4 i stvara vezivnu matricu za SiC zrna. Poroznost je u odnosu na RSIC finija i na visokim temperaturama se pretvara u tanku prevlaku. Ta prevlaka u obliku glazure štiti keramiku od daljne oksidacije, tako da ovaj materijal također primjenu za izradu visokooterećenih dijelova u postupku pečenja pri visokim temperaturama do 1450°C. [5]

Silicijev karbid povezan silikatima proizvodi se od krupnih i srednjih SiC zrna koje se peku u atmosferi zraka s 5% do 15% aluminosilikatne vezivne matrice. Udio SiC daje ovoj keramici vrlo dobru otpornost na promjene temperature što je karakteristično za SiC. Čvrstoća, otpornost na koroziju i ponajprije svojstva na visokim temperaturama određeni su silikatnom vezivnom matricom te su zbog toga ta svojstva slabija nego kod neoksidno vezanih SiC keramika. Pri vrlo visokim temperaturama silikatna vezivna matrica počinje mekšati, te dolazi do deformiranja materijala pod opterećenjem. Prednosti ove vrste keramike je usporedivo niži trošak proizvodnje. [5]

4.3. Metil metakrilat (MMA)

Metil metakrilat, kao kemijski postojani polimer, osobito prema oksidacijskoj razgradnji i djelovanju svjetla, kiselina i lužina, koristio se kao zaštitni premaz sve do tridesetih godina 20. stoljeća, kada Otto Röhm razvija postupak proizvodnje blokova tzv. pleksiglasa koji se kasnije koristi za ostakljivanje zgrada, u automobilske industrije, za izradu instrumenata, rasvjetnih tijela, namještaja i sl. Metil-metakrilat je amorfni polimer, prvenstveno zbog svojih linearnih makromolekula. Amorfni metil-metakrilat je velike prozirnosti i propušta 93% bijelog i 75% ultra-ljubičastog svjetla. Odlikuje se iznimno dobrom mogućnošću obrade, te postojanošću oblika, osobito na djelovanje atmosferičnog kisika i svjetla. Mehanička svojstva prvenstveno ovise o molekularnoj masi, te udjelu omekšivača. Nazočnost polarnih esterskih skupina povećava međumolekularne sile koje doprinose čvrstoći i površinskoj tvrdoći metil-metakrilata. Te kvalitete ga čine boljim od stakla, pa je dobio naziv "organsko staklo". [6]

Kao negativna svojstva potrebno je spomenuti krutost, zapaljivost te prilične količine ostatnog monomera koje ovise o vrsti provedene polimerizacije, a one se kasnije ogledaju u trajnosti i kvaliteti gotovog proizvoda. Prigodom prerade potrebno je provoditi polagano hlađenje gotovih predmeta od MMA, kako bi se izbjegla unutarnja naprezanja materijala. Reakcija polimerizacije se provodi uz radikalne inicijatore, postupcima u suspenziji i masi. S porastom konverzije znatno rastu brzina reakcije i molekularna masa nastalog polimera. Inicijator reakcije je najčešće benzoil-peroksid, a kao regulator dodecil-tiol, kojim se ograničava relativna molekularna masa polimera na 20.000-35.000, jer se preradevine većih molekularnih masa teško obrađuju. Metil-metakrilat se u industriji prerađuje prešanjem, ekstrudiranjem, zavarivanjem, ultrazvukom i sl. Primjena mu je svakodnevna; od građevinarstva, autoindustrije, izradbe raznih uređaja, te u stomatologiji za izradu proteza. [6]



Slika 12. Molekula metil metakrilata [7]

Proizvodnja metil metakrilata

Metil metakrilat se ponajviše dobiva iz aceton cijanohidrita, koji se miješa sa sumporovom kiselinom koji se zatim esterificira. Aceton cijanohidrit se proizvodi od acetona i vodikovog cijanida. U najnovijem postupku dobivanja metil metakrilata, koji se tek 2008. godine počeo primjenjivati, se koriste etilen kao osnovna sirovina, koji kristalizira homogeno sa ugljikmonoksidom i metanolom iz kojih nastaje metilpropilan. U sljedećem koraku metilpropilat se rasplinjuje i dovodi se u kontakt sa formaldehidom pri čemu nastaje metil metakrilat.

Uporaba metil metakrilata

Metil metakrilat se najviše upotrebljava za proizvodnju akrilnog stakla. Upotrebljava se i za izradu zubneih proteza te kao koštani cement i komponenta je u mnogim premazima i bezbojnim lakovima. Što se tiče ovog rada, nama najvažnija, je uporaba metil metakrilata kao dvokomponentno ljepilo. [6]

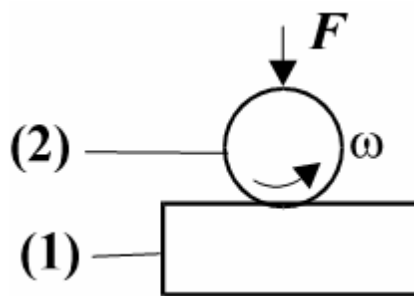
5. KOTRLJAJUĆE TROŠENJE

U dodiru pneumatika i valjaka za ispitivanje kočne sile javlja se kotrljajuće trošenje. Trošenje je postupni gubitak materijala s površine krutog tijela uslijed dinamičkog dodira s drugim krutim tijelom, fluidom i/ili česticama. Premda postoji neizbrojno veliki broj slučajeva trošenja, većina je autora suglasna da su samo četiri osnovna mehanizma trošenja [8] :

- Abrazija
- Adhezija
- Umor površine
- Tribokorozija

Mehanizmi trošenja opisuju se jediničnim događajima. Jedinični događaj je slijed zbivanja koji dovodi do odvajanja jedne čestice trošenja s trošene površine. On uvijek uključuje proces nastajanja pukotina i proces napredovanja pukotina. U dodiru pneumatika vozila i valjka za ispitivanje kočne sile se javlja slučaj kotrljajućeg trošenja. Kotrljajuće trošenje javlja se kod uzastopnog kotrljajućeg dodira nekonformnih površina.

Shema procesa kotrljajućeg trošenja prikazana je na slici 13.



Slika 13. Shema procesa kliznog trošenja [8]

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| (1) - funkcionalni dio | F -sila [N] |
| (2) - funkcionalni dio | ω - kutna brzina [rad/s] |

Relativno gibanje se može opisati kao kotrljanje. Postoji sljedeći stupanj opasnosti od pojedinih mehanizma trošenja [8]:

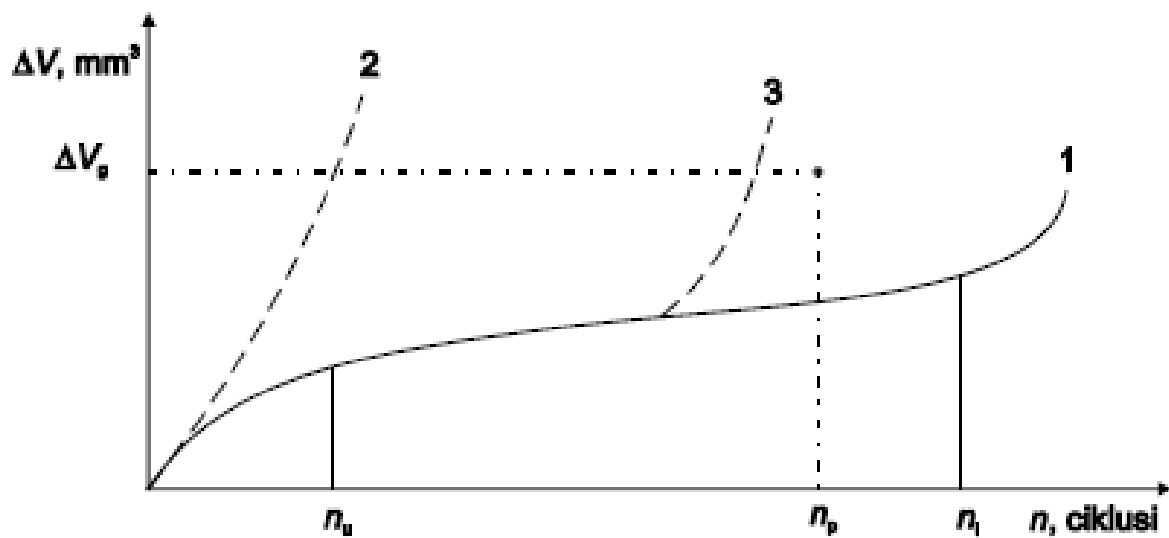
- Umor površine – jako visoki
- Abrazija – niski
- Adhezija – niski
- Tribokorozija – najniži

Pokazatelj otpornosti na trošenje je dinamička izdržljivost površine.

Karakteristični primjeri kotrljanja:

- Kotrljajući ležaji
- Zupčanici
- Kotač / tračnica

Moguće promjene iznosa trošenja kotrljajućih elemenata tijekom rada prikazane su na slici 14.



Slika 14. Procesi trošenja kotrljajućih elemenata [8]

n_i - trajanje inkubacije umora površine

n_u - trajanje uhodavanja

n_p - projektirana trajnost

Krivulja 1 – zadovoljavajući proces trošenja

Krivulja 2 – neuspješno uhodavanje

Krivulja 3 – prerani umor površine

Tribološke mjere za izbjegavanje krivulja 2 i 3:

- Izbor odgovarajućeg materijala, zadovoljavajuće dinamičke izdržljivosti površine,
- Zaštita površine od trošenja,
- Omogućavanje uhodavanja,
- Odgovarajuće podmazivanje.

6. ISPITIVANJE TVRDOĆE PO SHORE-U

Tvrdoća pneumatika „Continental Premium Contact 5“ je izmjerena po Shore-u. Tvrdoća po Shoreu zasniva se na mjerenju elastičnog odskoka probojca (durometar) s čeličnim ili dijamantnim vrhom, određene mase, koji pada na ispitivani materijal s određene visine i mjeri se visina odskoka. Visina odskoka je proporcionalna tvrdoći materijala. Ovaj je postupak pogodan za mjerenje tvrdoće kod plastike (polimera i elastomera) i guma. Pri mjerenju tvrdoće po Shoreu postoji nekoliko varijanti mjerenja u dinamičkim i statičkim uvjetima. Skala tvrdoće je od 0 za materijale male tvrdoće, kada se probojac u cijelosti utisne u uzorak, do 100, kada je dubina utiskivanja 0 ili nema nikakvog utiskivanja. Ispitni uzorak treba biti deblji od 6 mm i promjera većeg od 30 mm. [9]

6.1 Vrste ispitivanja tvrdoće po Shoreu

Postoji 12 vrsta mjerenje tvrdoće po Shoreu (A, B, C, D, DO, E, M, O, OO, OOO, OOO-S, i R), ali dvije vrste su najčešće: Shore A i Shore D. Shore A se koristi za mjerenje tvrdoće kod mekih plastika i guma, dok Shore D se koristi kod tvrdih plastika i guma. Kod svih vrsta mjerenja skala tvrdoće je od 0 za materijale male tvrdoće, kada se probojac u cijelosti utisne u uzorak, do 100, kada je dubina utiskivanja 0 ili nema nikakvog utiskivanja. Usporedba svih vrsta mjerenja (tablica 3.) tvrdoće po Shoreu (standard ASTM D2240) [10]:

TABLICA 3. Usporedba vrsta mjerenja po Shore-u [11]

| Postupak | Probojac | Promjer (mm) | Produljenja (mm) | Opružna sila (N) |
|--------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| Shore A | 35° krnji stožac | 1,40 | 2,54 | 8,06 |
| Shore C | 35° krnji stožac | 1,40 | 2,54 | 44,48 |
| Shore D | 30° stožac | 1,40 | 2,54 | 44,48 |
| Shore B | 30° stožac | 1,40 | 2,54 | 8,06 |
| Shore M | 30° stožac | 0,79 | 1,25 | 0,76 |
| Shore E | 2,5 mm promjer kuglice | 4,50 | 2,54 | 8,06 |
| Shore O | 1,2 mm promjer kuglice | 2,40 | 2,54 | 8,06 |
| Shore OO | 1,2 mm promjer kuglice | 2,40 | 2,54 | 1,11 |
| Shore DO | 1,2 mm promjer kuglice | 2,40 | 2,54 | 44,48 |
| Shore OOO | 0,635 mm promjer kuglice | 10,7 - 11,6 | 2,54 | 1,11 |
| Shore OOO-S | 10,7 mm polumjer diska | 12,0 | 5,0 | 1,93 |

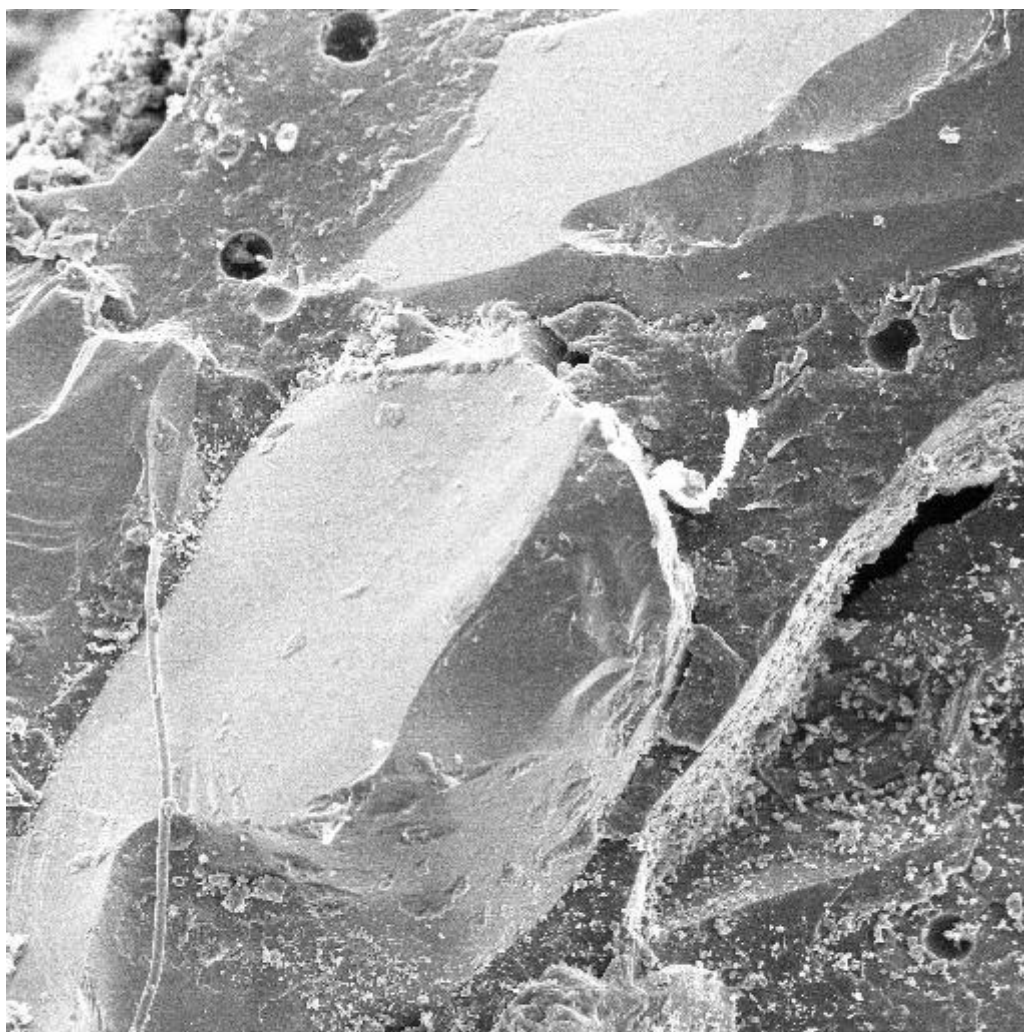
7. EKSPERIMENTALNI DIO

7.1. Uvod

U eksperimentalnom dijelu rada je potrebno odredit materijal obloge valjaka koji služi kao sloj za povećanje trenja između pneumatika i valjka, opisati kako tribološki djeluje pneumatik vozila na površinski sloj valjka za ispitivanje kočne sile te koji je razlog zbog čega se u tome sloj od SiC i MMA nakon određenog vremena u eksploataciji stvore pukotine. U tu svrhu je ispitana i tvrdoća pneumatika „Continental Premium Contact 5“ te je njezina tvrdoća uspoređena sa legurom SiC i metil metakrilata. Uzorak 1 (slika 15.) legure SiC i metil metakrilata analiziran na svjetlosnom mikroskopu (slika 16.) i na skenirajućem elektronskom mikroskopu.



Slika 15. Uzorak 1



SEM MAG: 146 x
HV: 20.0 kV
VAC: HiVac

DET: SE Detector
DATE: 05/28/13
Name: obloga 3

500 um
Vega ©Tescan
Digital Microscopy Imaging
Faculty of Mech. Engineering, Dpt of Materials
obloga

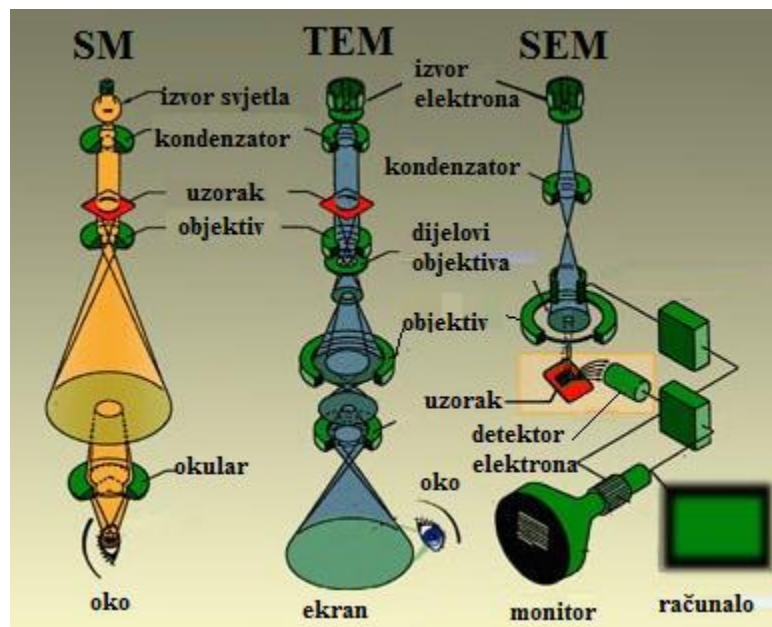
Slika 16. Snimak na svjetlosnom elektronskom mikroskopu

7.2. Elektronska mikroskopija

Uzorak 1 legure SiC i metil metakrilata analiziran je na svjetlosnom mikroskopu i na skenirajućem elektronskom mikroskopu zbog određivanja materijala koji se koristi za površinsku oblogu valjaka za mjerenje kočne sile i pronalaženja razloga ljuštenja površinskog sloja valjaka za ispitivanja kočne sile.

Elektronske mikroskope nalazimo u dva osnovna oblika: transmisijski elektronski mikroskop (TEM) i skenirajući elektronski mikroskop (SEM)(slika 17.). Transmisijski i skenirajući elektronski mikroskopi su slični po tome što oba primjenjuju zraku elektrona, no za stvaranje slike koriste posve različite mehanizme.

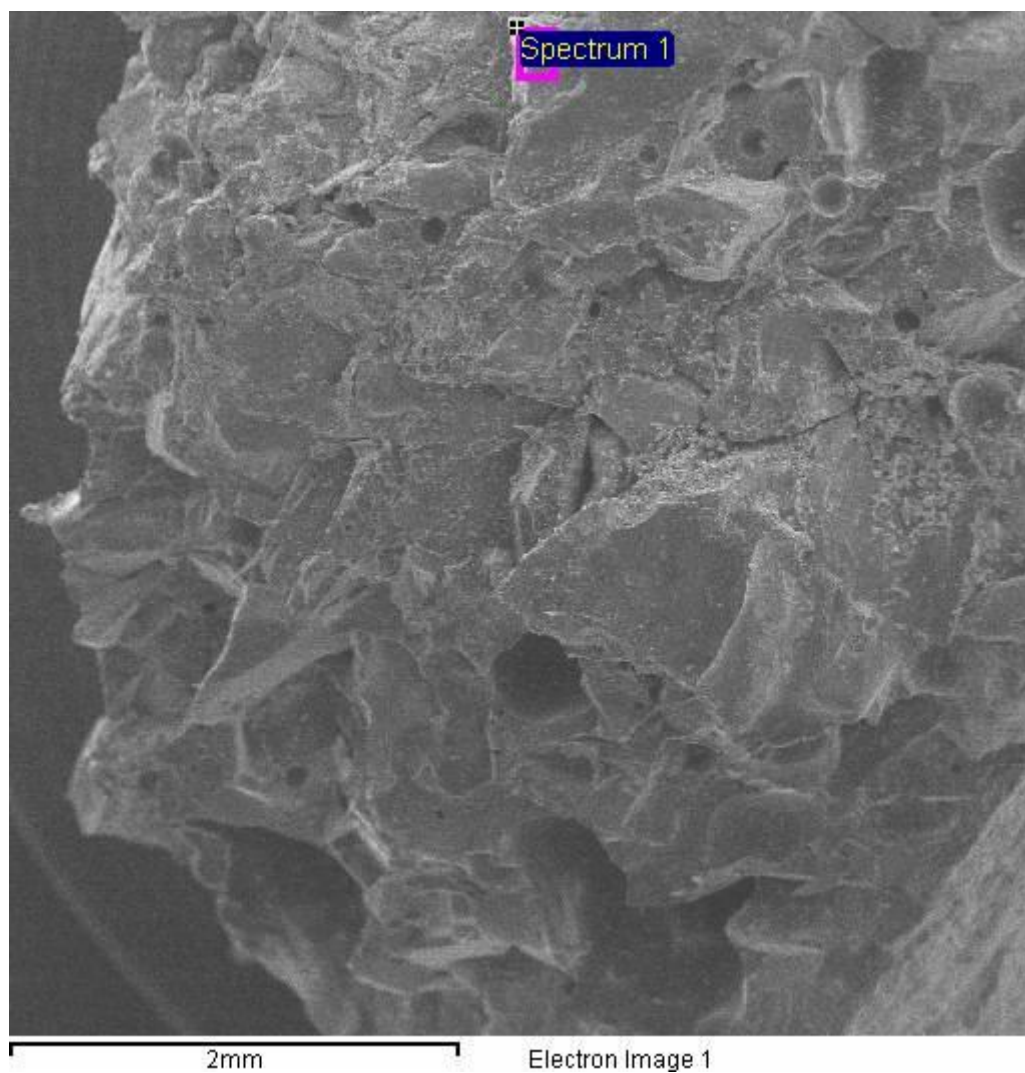
Kao što samo ime govori, TEM sliku oblikuje pomoću elektrona koji se odašilju kroz preparat. SEM, pak, skenira površinu preparata te sliku oblikuje otkrivajući elektrone koji se odbijaju od vanjske površine preparata. Skenirajuća elektronska mikroskopija je naizgled neobična tehnika zbog dojma dubine koji se stječe (npr. promatranjem bioloških struktura). [10]



Slika 17. Shematski prikaz rada svjetlosnog, TEM i SEM mikroskopa [12]

7.3. Određivanje materijala površinskog sloja valjaka za mjerenje kočne sile

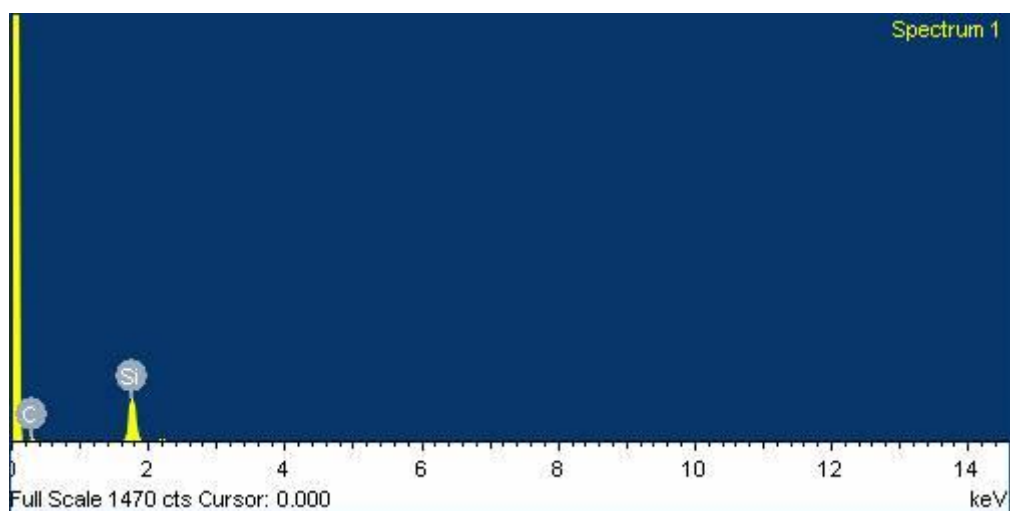
Analizom uzorka na skenirajućem elektronskom mikroskopu Tescan Vega 5136 MM dobiveni su sljedeći rezultati:



Slika 18. Snimak uzorka 1 na elektronskom mikroskopu

Tablica 4. Udio kemijskih elemenata u leguri SiCi MMA

| Element | Weight% | Atomic% |
|---------|---------|---------|
| C K | 59.70 | 74.76 |
| O K | 9.05 | 8.50 |
| Si K | 31.25 | 16.74 |
| Totals | 100.00 | |



Slika 19. Spektar kemijskih elemenata

Iz slika 18. , slika 19. i tablice 4. je vidljivo da se radi o SiC. Vezivno sredstvo je MMA. Ta dva materijala čine leguru površinsku oblogu valjaka za ispitivanje kočne sile vozila.

7.4. Mjerenje tvrdoće pneumatika „Continental Premium Contact 5“ i usporedba tvrdoće s legurom SiC i MMA

Tvrdoća je ispitana metodom Shore C, deset puta je ispitan kontaktni sloj gume na njezinu tvrdoću, a rezultati su prikazani u tablici 5.:

TABLICA 5. Rezultati mjerenja tvrdoće pneumatika „Continental Premium Contact 5“

| | |
|-----|----|
| 1. | 49 |
| 2. | 51 |
| 3. | 49 |
| 4. | 50 |
| 5. | 50 |
| 6. | 50 |
| 7. | 49 |
| 8. | 51 |
| 9. | 48 |
| 10. | 49 |

Prosječna vrijednost tvrdoće pneumatika po Shore C je 49.6 što je približno 360 HV0,5. Tvrdoća SiC je 3592 HV0,5. [8] Iz ta dva podatka se da zaključiti da se bitno više troši pneumatik nego legura SiC i MMA zbog manje vrijednosti tvrdoće pneumatika, što je i vidljivo na slici 20.



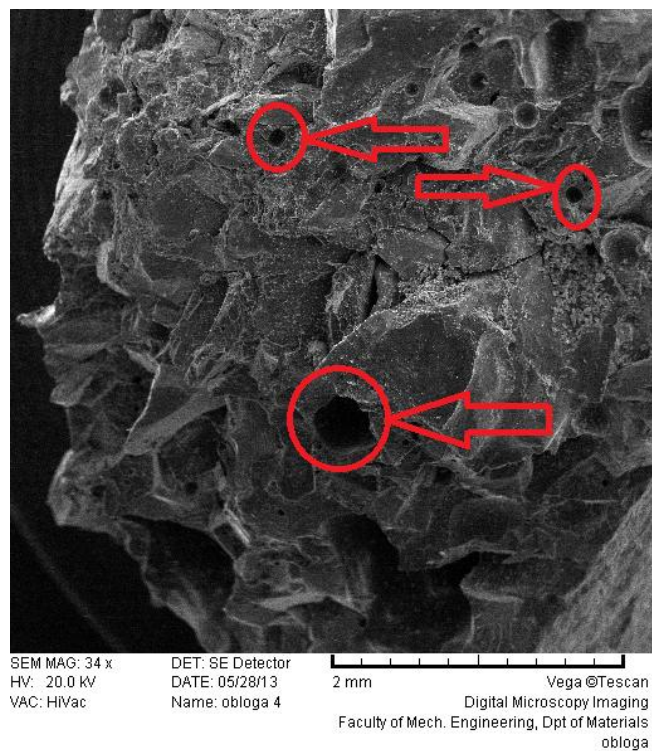
Slika 20. Tragovi pneumatika na površinskom sloju valjka za ispitivanje kočne sile vozila

7.5. Problem otpadanja legure SiC i MMA sa valjka za ispitivanje kočne sile vozila

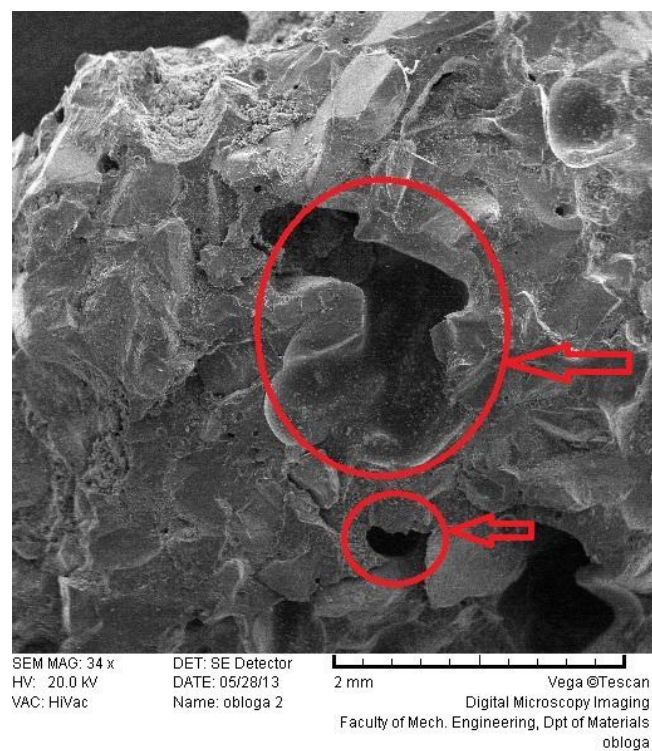


Slika 21. Valjak za ispitivanje kočne sile s kojeg je otpada legura SiC i MMA

Nakon određenog vremena u eksploatacije legura SiC i MMA počinje otpadati sa valjka za mjerenje kočne sile (slika 21.). Da bi se saznao razlog zbog čega nastaje taj problem analiziran je uzorak na skenirajućem elektronskom mikroskopu Tecsan Vega 5136 MM.

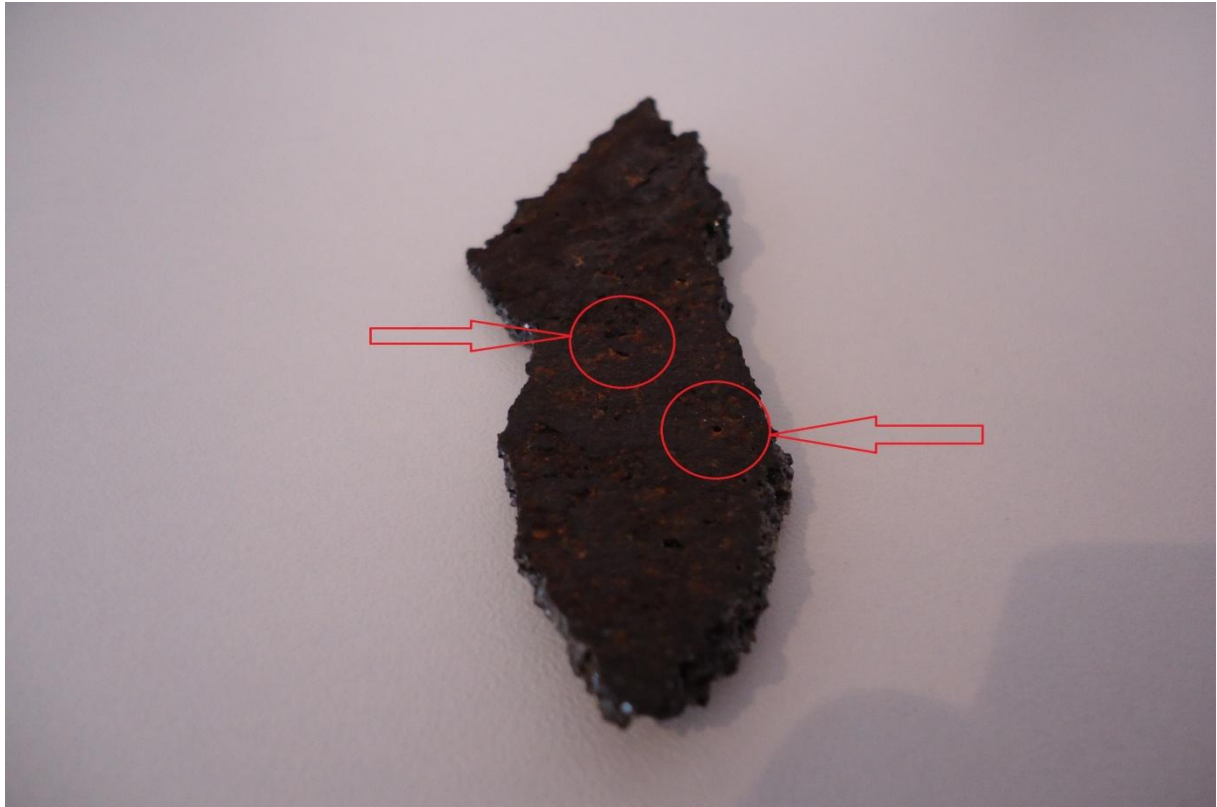


Slika 22. Poroznost legure SiC i MMA



Slika 23. Poroznost legure SiC i MMA

Na slici 22. i slici 23. je vidljivo da je legura SiC i MMA porozna. Prilikom loših vremenskih uvjeta (kiše, snijega, itd.) vozila preko svojih kotača nanose vlagu na valjke za ispitivanje kočne sile. Vлага se probija kroz poroznu leguru SiC i koja uzrokuje odvajanje legure od valjka zbog produkta korozije koja se javlja tijekom vremena na površini između valjka i legure SiC i MMA (slika 24.). Prilikom opterećenja težine vozila ta legura počinje pucati i otpadati sa valjka.



Slika 24. Korozija na uzorku 1

8. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran problem otpadanja obloge valjaka za mjerenje kočione sile vozila. Analizom na SEM-u zaključeno je da do pucanja obloge dolazi zbog njezine poroznosti. Uslijed poroznosti obloge valjaka dolazi do stvaranja korozijskih produkta između osovine valjka i obloge te do odljepljivanja obloge od osovine valjka i pucanja obloge. Kao prijedlog daljnjeg istraživanja trebalo bi eliminirati poroznost obloge ili nanijeti međuslojevnu prevlaku.

LITERATURA

- [1] Đ. Šilić, "Ispitivanje motornih vozila", Velika Gorica, 2010
- [2] www.ipi.ba/TEHNICKI20PREGLED20Korak20po20korak.doc
- [3] S. Kožuh, „Specijalni čelici“ –skripta
- [4]<http://www.torwegge.de/shop/media/catalog/product/cache/1/image/5e06319eda06f020e4>
- [5] T. Filetin, I.Kramer, "Tehnička keramika-priručnik za primjenu"
- [6] William Bauer, Jr. "Methacrylic Acid and Derivatives" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2002, Wiley-VCH, Weinheim
- [7] hrcak.srce.hr/file/136138?
- [8] www.hrcak.srce.hr/file/89752
- [9] "Strojarski priručnik", Bojan Kraut, Tehnička knjiga Zagreb 2009.
- [10] Hrvoje Požar, "Tehnička enciklopedija", Grafički zavod Hrvatske, 1987.
- [11] "DuroMatters! Basic Durometer Testing Information", publisher CCSi, Inc., 2011.
- [12] <http://www.vcbio.science.ru.nl/en/feSEM/info/feSEMfaq/>